



# Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività  
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi  
Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**  
N. TO2003 A 000115



*Si dichiara che i unita copia e conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

8 MAR. 2004

Roma, li .....

IL FUNZIONARIO

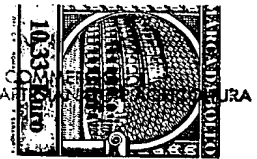
Giampietro Carlotto

*Giampietro Carlotto*

## AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO



## A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione STMICROELECTRONICS S.R.L. N. SR  
 Residenza AGRATE BRIANZA (MI) codice 00951900968  
 2) Denominazione \_\_\_\_\_  
 Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

## B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome BERGADANO MIRKO e altri cod. fiscale \_\_\_\_\_  
 denominazione studio di appartenenza STUDIO TORTA S.r.l.  
 via Viotti n. 0009 città TORINO cap 10121 (prov) TO

## C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

## D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/scf) \_\_\_\_\_

gruppo/sottogruppo \_\_\_\_\_

METODO DI SOFT-PROGRAMMAZIONE PER UN DISPOSITIVO DI MEMORIA NON VOLATILE CANCELLABILE  
ELETTRICAMENTE E DISPOSITIVO DI MEMORIA NON VOLATILE CANCELLABILE ELETTRICAMENTE  
IMPLEMENTANTE TALE METODO DI SOFT-PROGRAMMAZIONE

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☐

SE ISTANZA: DATA \_\_\_\_\_

N° PROTOCOLLO \_\_\_\_\_

## E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) LA MALFA Antonino 3) \_\_\_\_\_  
 2) MESSINA Marco 4) \_\_\_\_\_

## F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

## SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_

## G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

## H. ANNOTAZIONI SPECIALI

Per la migliore comprensione dell'invenzione è stato necessario depositare disegni con diciture come  
 convenuto dalla Convenzione Europea sulle formalità alle quali l'Italia ha aderito.

## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ PROV n. pag. 30 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) .....  
 Doc. 2) ☒ PROV n. tav. 04 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) .....  
 Doc. 3) ☒ RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale .....  
 Doc. 4) ☒ RIS designazione inventore .....  
 Doc. 5) ☐ RIS documenti di priorità con traduzione in italiano .....  
 Doc. 6) ☐ RIS autorizzazione o atto di cessione .....  
 Doc. 7) ☐ nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale Euro Duecentonovantuno/80

obbligatorio

COMPILATO IL 17 02 2003 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)CONTINUA SINO NOBERGADANO MIRKODEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO SICAMERA DI COMMERCIO IND. ART. AGR. DI TORINOcodice 01

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA

TO 2003A 000115L'anno duemilatreil giorno diciassettedel mese di FebbraioIl (I) richiedente (I) sopradenotato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraportato.

## I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

G. SPORTELLA  
(Gabriella PILOTTI)

L'UFFICIALE ROGANTE

Antonio C. ...

Viene descritto un metodo di soft-programmazione per un dispositivo di memoria non volatile cancellabile elettricamente, in cui la soft-programmazione viene effettuata con una molteplicità di soft-programmazione pari al doppio di quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria fino a quando la corrente assorbita durante la soft-programmazione è minore o uguale alla massima corrente, disponibile per le operazioni di scrittura, che può essere generata all'interno del dispositivo di memoria, e con una molteplicità di soft-programmazione pari a quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria nel caso in cui la corrente assorbita durante la soft-programmazione con molteplicità doppia è maggiore della massima corrente, disponibile per le operazioni di scrittura, che può essere generata all'interno del dispositivo di memoria.



M. DISEGNO

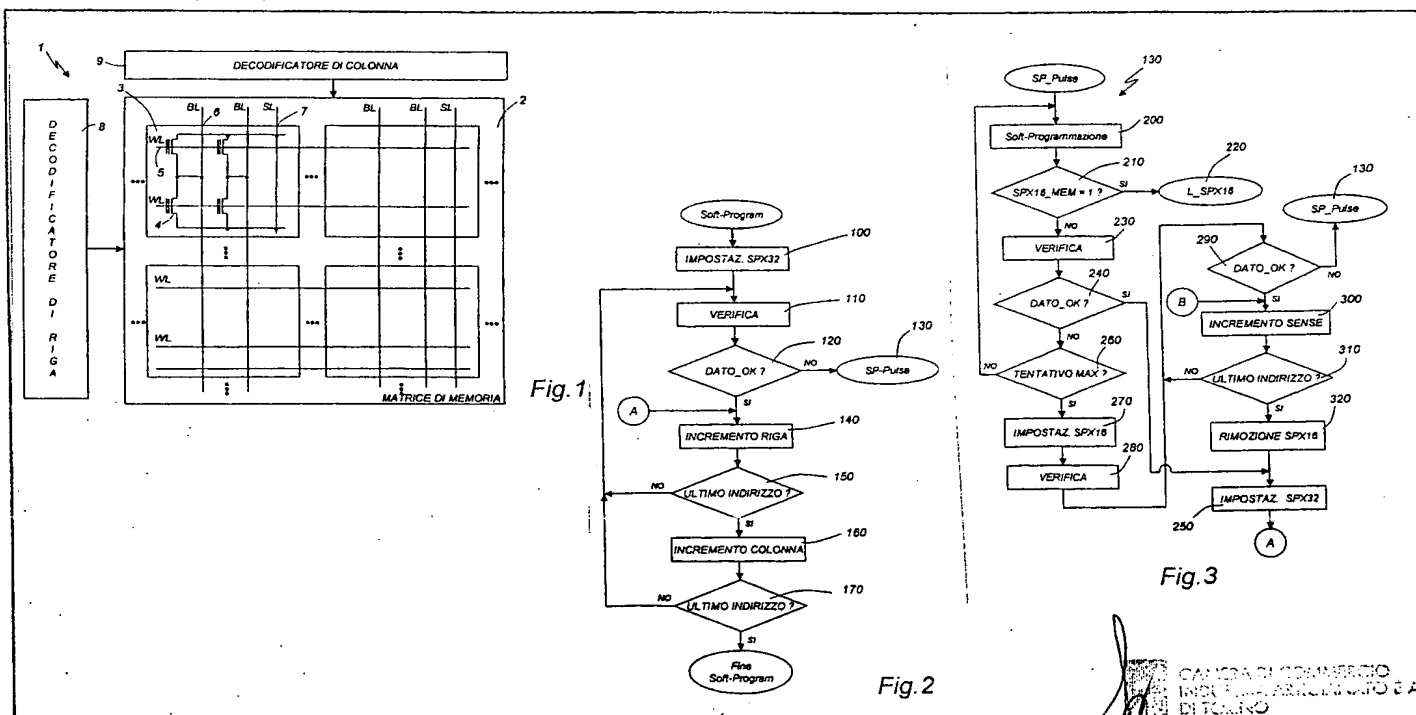


Fig. 3

Fig. 2

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

5 con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO), VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: LA MALFA Antonino, MESSINA Marco

\*\*\* \*\*\*\*\* \*\*\*

TO 2003A 000115

La presente invenzione è relativa ad un metodo di  
soft-programmazione per un dispositivo di memoria non  
10 volatile cancellabile elettricamente e ad un dispositivo  
di memoria non volatile cancellabile elettricamente  
implementante tale metodo di cancellazione.

Come è noto, le memorie non volatili comprendono  
una matrice di memoria formata da celle di memoria  
15 disposte su righe e colonne, in cui linee di parola  
connettono i terminali di porta delle celle di memoria  
poste su una stessa riga e linee di bit connettono i  
terminali di pozzo delle celle di memoria poste su una  
stessa colonna.

20 È altresì noto che in una cella di memoria non  
volatile del tipo a porta flottante, la memorizzazione  
di uno stato logico viene effettuata programmando la  
tensione di soglia della cella di memoria stessa  
attraverso la definizione della quantità di carica  
25 elettrica immagazzinata nella regione di porta

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

flottante.

A seconda dell'informazione memorizzata, le celle di memoria si distinguono in celle di memoria cancellate (stato logico memorizzato "1"), in cui nella regione di porta flottante non viene immagazzinata alcuna carica elettrica, e in celle di memoria scritte o programmate (stato logico memorizzato "0"), in cui nella regione di porta flottante viene immagazzinata una carica elettrica sufficiente a determinare un aumento sensibile della tensione di soglia delle celle di memoria stesse.

Nelle memorie non volatili, inoltre, la matrice di memoria è generalmente suddivisa in settori formati, ciascuno, da un insieme di celle di memoria sulle quali è possibile effettuare simultaneamente una stessa operazione, generalmente una operazione di cancellazione. In particolare, nelle memorie non volatili organizzate a settori è possibile effettuare la lettura e la programmazione di singole celle di memoria di un settore e la cancellazione simultanea di tutte le celle di memoria del settore, e quest'ultima operazione è resa possibile dal fatto che le celle di memoria appartenenti ad uno stesso settore presentano i terminali di sorgente collegati fra loro.

Nella figura 1 è a titolo di esempio mostrata in maniera schematica l'architettura di un dispositivo di

BERGADANO MIRKO  
(Iscritto all'Albo n. 8438)

memoria del tipo sopra descritto, in cui con 1 è  
indicato, nel suo complesso, il dispositivo di memoria  
non volatile stesso, con 2 è indicata la matrice di  
memoria, con 3 sono indicati i settori della matrice di  
5 memoria 3, con 4 sono indicate le celle di memoria, con  
5 sono indicate le linee di parola, con 6 sono indicate  
le linee di bit, con 7 è indicata la linea comune alla  
quale sono collegati i terminali di sorgente di tutte le  
celle di memoria 8 appartenenti ad uno stesso settore 4,  
10 con 8 è indicato il decodificatore di riga, ed infine  
con 9 è indicato il decodificatore di colonna.

La cancellazione di una memoria non volatile  
effettuata per settori è un'operazione cumulativa, ossia  
agisce contemporaneamente ed indistintamente su tutte le  
15 celle di memoria del settore, ed è molto complessa in  
quanto richiede non solo alcuni preparativi da  
effettuarsi prima di eseguire la cancellazione vera e  
propria, in cui vengono estratte le cariche elettriche  
presenti nella regione di porta flottante e ridotta di  
20 conseguenza la tensione di soglia delle celle di memoria  
stesse, ma richiede anche delle verifiche e delle  
possibili modifiche successive alla cancellazione vera e  
propria nel caso in cui il risultato della cancellazione  
stessa non sia pienamente soddisfacente.

25 In particolare, per la cancellazione di un settore

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 8438)

si effettua innanzitutto un'operazione di  
precondizionamento, nota anche con il nome di "program-  
all-0", cioè una operazione con la quale tutte le celle  
di memoria del settore vengono portate nello stato  
5 programmato indipendentemente dal loro stato attuale.  
Ciò è dovuto al fatto che se si cancellasse un settore  
in cui alcune delle celle di memoria sono scritte ma  
altre sono già cancellate, durante la fase di  
cancellazione si determinerebbe una sovracancellazione  
10 delle celle di memoria già cancellate, le quali con  
buona probabilità diventerebbero celle di memoria  
deplete, ossia celle di memoria aventi tensione di  
soglia negativa e quindi drenanti una corrente anche  
quando il loro terminale di porta è posto alla tensione  
15 di massa, le quali risultano particolarmente fastidiose  
in quanto simulano la presenza costante di celle di  
memoria cancellate sulle rispettive colonne a cui  
appartengono e quindi fanno sì che tutte le celle di  
memoria appartenenti a tali colonne vengano lette come  
20 cancellate indipendentemente dal loro stato reale.

Per evitare tale fenomeno e uniformare la storia di  
tutte le celle di memoria appartenenti allo stesso  
settore, si procede quindi alla scrittura dell'intero  
settore e quindi, a seguito dell'operazione di  
25 preconditionamento, tutte le celle di memoria del

BERGADANO MIRKO  
(critto all'Albo n. 8428)



settore risultano programmate.

Successivamente viene eseguita la fase di cancellazione vera e propria, durante la quale vengono estratte le cariche elettriche presenti nella regione di porta flottante e ridotta di conseguenza la tensione di  
5 soglia delle celle di memoria stesse.

Per effettuare ciò, fra il terminale di sorgente ed il terminale di porta di ciascuna cella di memoria viene applicato un elevato campo elettrico tale da consentire  
10 agli elettroni di abbandonare la regione di porta flottante grazie al cosiddetto effetto tunnel di Fowler-Nordheim.

L'applicazione dei potenziali elettrici necessari all'estrazione di cariche elettriche dalla regione di  
15 porta flottante può avvenire in diversi modi. Una delle metodologie che può ad esempio essere utilizzata per l'estrazione di cariche elettriche dalla regione di porta flottante è conosciuta in letteratura con il nome di "cancellazione con gate negativa" e prevede  
20 essenzialmente di lasciare flottante il terminale di pozzo della cella di memoria da cancellare e di applicare al terminale di porta un impulso di tensione negativo avente tipicamente un ampiezza di 10 V ed durata temporale dell'ordine di 10 ms, ed ai terminali  
25 di sorgente e di substrato ("body") una successione di

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)



impulsi di tensione la cui ampiezza è variabile a gradinata fra un valore minimo pari a 3 V ed un valore massimo pari a 8 V con ampiezza del gradino di 300 mV.

Al termine dell'impulso di cancellazione, viene  
5 quindi eseguita una operazione di verifica su tutte le  
celle di memoria del settore per controllare il valore  
delle loro tensioni di soglia e tale verifica viene  
effettuata eseguendo una lettura marginata che  
garantisca il corretto riconoscimento della cella di  
10 memoria nella normale modalità di lettura.

In particolare, l'operazione di verifica scandisce  
tutte le celle di memoria del settore e si interrompe  
allorquando viene trovata una cella di memoria che non  
supera il test. A questo punto si passa all'applicazione  
15 del successivo impulso di cancellazione.

Pertanto, la fase di cancellazione procede con  
l'applicazione di un impulso di cancellazione seguita da  
una successiva fase di verifica fino a quando tutte le  
celle di memoria presentano una tensione di soglia  
20 inferiore ad una tensione di soglia di riferimento, la  
quale è la tensione di soglia della cella di memoria di  
riferimento utilizzata durante l'operazione di verifica.

Una volta che gli impulsi di tensione applicati ai  
terminali di sorgente e di substrato hanno raggiunto la  
25 loro ampiezza massima, se le celle di memoria del

BERGADANO MIRKO  
(Iscritto all'Albo n. 8438)

settore non risultano ancora tutte cancellate, allora è prevista una seconda fase di pura cancellazione elettrica durante la quale sia ai terminali di porta che ai terminali di sorgente e di substrato delle celle di memoria del settore vengono applicati ulteriori impulsi di cancellazione, fino ad un numero massimo determinato, in cui l'ampiezza degli impulsi applicati ai terminali di sorgente e di substrato delle celle di memoria è pari all'ampiezza massima prevista.

10 Al termine della fase di pura cancellazione elettrica, tutte le celle di memoria del settore presentano tensioni di soglia aventi una distribuzione a forma sostanzialmente di gaussiana alla quale si sovrappone una eventuale "coda" dovuta alle celle di memoria deplete.

15 La fase di cancellazione del settore non può però ritenersi ancora conclusa perché risulta ancora necessario assicurarsi che non vi siano celle di memoria deplete che possono indurre errori durante la fase di lettura. Come precedentemente detto, infatti, tali celle di memoria, avendo una tensione di soglia negativa e quindi drenando una corrente anche quando il loro terminale di porta è posto alla tensione di massa, possono falsare la successiva operazione di lettura del

20

25 dispositivo di memoria in quanto simulano la presenza

BERCADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

costante di celle di memoria cancellate sulle rispettive  
colonne a cui appartengono e quindi fanno sì che tutte  
le celle di memoria appartenenti a tali colonne vengano  
lette come cancellate indipendentemente dal loro stato  
5 reale.

Pertanto, la fase di cancellazione vera e propria è  
seguita da una fase di ricerca e di riprogrammazione  
delle celle di memoria deplete, nota anche col nome di  
fase di "soft-program", in cui viene verificata la  
10 presenza di una corrente di perdita sulle colonne della  
matrice di memoria, polarizzando tutte le righe della  
matrice stessa alla tensione di massa.

Quando viene individuata una colonna presentante  
tale anomalia, allora viene indirizzata la prima cella  
15 di memoria della colonna ed al suo terminale di porta  
viene applicato un impulso di programmazione avente una  
ampiezza prefissata per spostare leggermente verso  
valori più alti la soglia della cella di memoria stessa.  
Successivamente, si procede con la lettura della seconda  
20 cella di memoria della stessa colonna: se non vi è  
presenza di corrente di perdita nella cella di memoria  
allora ciò significa che la cella di memoria depleta era  
quella precedente che è stata già recuperata, altrimenti  
si procede a programmare la cella di memoria considerata  
25 e così via fino al termine della colonna.

BEFGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)



Giunti al termine della colonna, viene quindi ripetuta l'operazione di verifica e, in caso sia presente ancora una corrente di perdita, la procedura sopra descritta viene ripetuta aumentando però  
5 l'ampiezza dell'impulso di programmazione applicato al terminale di porta delle celle di memoria durante la programmazione.

Nella pratica la soft-programmazione non viene mai effettuata su una singola cella di memoria per volta  
10 bensì su un determinato numero di celle di memoria per volta che è legato al numero di circuiti di programmazione ("Program Loads") di cui il dispositivo di memoria è provvisto, attualmente sedici. In particolare, la soft-programmazione viene eseguita  
15 indirizzando un numero di celle di memoria pari al numero di Program Load e soft-programmando soltanto quelle celle di memoria indirizzate che necessitano effettivamente di tale operazione. Il numero di celle di memoria che vengono contemporaneamente soft-programmate  
20 è generalmente noto in campo tecnico col nome di parallelismo o molteplicità di soft-programmazione.

Per competere nei settori di mercato emergenti dei apparecchi elettronici portatili quali, ad esempio, i lettori MP3 e le fotocamere digitali, i dispositivi di  
25 memoria non volatili sono attualmente soggetti ad una

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

revisione delle loro specifiche tradizionali, in particolare sono oggetto di studi approfonditi volti, fra l'altro, a ridurre il tempo di cancellazione.

Un contributo alla riduzione del tempo di cancellazione potrebbe venire dalla riduzione del tempo di soft-programmazione, la quale, almeno in linea di principio, potrebbe essere ottenuta aumentando il parallelismo con cui tale operazione viene realizzata.

Ad esempio, la riduzione del tempo di soft-programmazione potrebbe essere ottenuta semplicemente raddoppiando il numero di Program Load, ma ciò comporterebbe, nel caso in cui tutte le celle di memoria indirizzate necessitassero di essere soft-programmate, un raddoppio della corrente assorbita nella fase di soft-programmazione.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

Per generare tale corrente si potrebbe agire in due modi: o generare la corrente necessaria all'esterno del dispositivo di memoria, utilizzando un opportuno generatore di corrente, e fornirla ad un apposito piedino del dispositivo di memoria stesso, oppure raddoppiare la dimensione della pompa di carica che nel dispositivo di memoria è dedicata alla generazione di elevate correnti.

La prima soluzione risulta però essere in controtendenza rispetto all'attuale mercato dei

dispositivi di memoria a semiconduttore che richiede invece di diminuire sia il numero di alimentazioni presenti nel dispositivo di memoria che il loro valore assoluto di tensione, mentre la seconda soluzione  
5 porterebbe ad un aumento significativo dell'area occupata dalla pompa di carica su silicio e quindi ad un aumento del costo del dispositivo di memoria.

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un metodo di cancellazione di un dispositivo di memoria  
10 non volatile che consenta una riduzione dei tempi di cancellazione rispetto ai dispositivi di memoria non volatili secondo l'arte nota.

Ulteriore scopo della presente invenzione è quello di realizzare un dispositivo di memoria non volatile che  
15 presenti tempi di cancellazione inferiori rispetto a quelli dei dispositivi di memoria non volatili secondo l'arte nota.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo di soft-programmazione per un dispositivo di  
20 memoria non volatile cancellabile elettricamente, come definito nella rivendicazione 1.

Secondo la presente invenzione viene inoltre realizzato un dispositivo di una memoria non volatile cancellabile elettricamente, come definito nella  
25 rivendicazione 9.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 8438)

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra l'architettura di un dispositivo di memoria non volatile; e

- le figure 2, 3 e 4 mostrano diagrammi di flusso delle operazioni relative al metodo di cancellazione secondo la presente invenzione.

La presente trae spunto dal risultato di uno studio effettuato dalla richiedente sulla distribuzione statistica delle celle di memoria deplete presenti nei dispositivi di memoria non volatile. In particolare, tale studio ha evidenziato che il numero di celle di memoria deplete in un dispositivo di memoria non volatile è in media pari al 5% del numero totale di celle di memoria della matrice di memoria, che le celle di memoria deplete generalmente non sono uniformemente distribuite all'interno della matrice di memoria ma bensì sono localizzate in una determinata zona della matrice di memoria stessa, e che questo differente comportamento (depletion) di alcune celle di memoria di un settore della matrice di memoria rispetto a quello della restante parte delle celle di memoria del settore

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)



è spiegabile con una difettosità localizzata in una determinata area di silicio su cui la matrice di memoria è realizzata.

Grazie a ciò ed al fatto che tipicamente i bit di una parola tipicamente non sono memorizzati in celle di memoria adiacenti di un settore ma bensì sono memorizzati in celle di memoria distribuite in differenti zone del settore secondo un determinato criterio (ad esempio spaziate di 128 colonne una dall'altra, per un dispositivo costituito da 4096 colonne), statisticamente la probabilità che un elevato numero di celle di memoria memorizzanti i bit di una stessa parola risultino deplete è estremamente ridotta, per cui tipicamente si hanno errori di lettura solo alcuni dei bit di una parola memorizzata.

In altre parole, la distribuzione della memorizzazione dei bit di una stessa parola all'interno di un settore della matrice di memoria combinata con il fatto che le difettosità del silicio su cui la matrice di memoria è realizzata sono tipicamente di tipo localizzato rende estremamente improbabile che un elevato numero di celle di memoria memorizzanti i bit di una stessa parola ricadano all'interno di una stessa area di silicio difettosa, per cui tipicamente solamente qualche bit della parola sarà affetto dal problema della

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 8436)



depletion.

Traendo quindi spunto dalle constatazioni sperimentali sopra evidenziate, l'idea alla base della presente invenzione è semplicemente quella di soft-programmare e di verificare le celle di memoria con una molteplicità doppia (ad esempio 32) rispetto a quella utilizzata in programmazione (ad esempio 16), senza necessità di fornire dall'esterno la maggiore corrente necessaria o di aumentare le dimensioni della pompa di carica interna al dispositivo di memoria.

Ciò può essere effettuato in maniera semplice modificando opportunamente l'algoritmo di soft-programmazione in modo che operi sia con la molteplicità utilizzata in programmazione che con una molteplicità doppia rispetto ad essa. In particolare, in funzionamento normale l'algoritmo di soft-programmazione opera a molteplicità doppia (nell'esempio considerato 32 bit), ossia a velocità massima, mentre nel caso in cui vi sia un numero eccessivo di celle di memoria deplete e non si riesca a soft-programmare contemporaneamente il numero di celle di memoria previste nel funzionamento a molteplicità doppia perché la corrente massima richiesta eccede la capacità della pompa di carica, allora l'algoritmo di soft-programmazione passa ad operare a molteplicità singola, ossia con la molteplicità

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

utilizzata in programmazione (nell'esempio considerato 16 bit), in cui la pompa di carica è in grado di fornire la corrente massima richiesta.

5 Dopo che sono stati programmati in molteplicità singola due gruppi di celle di memoria (nell'esempio considerato due gruppi di 16 celle di memoria ciascuno), l'algoritmo di soft-programmazione ritorna ad operare a molteplicità doppia.

10 Si può facilmente verificare che, chiamando  $w$  il numero di bit di cui è composta una parola,  $b$  il numero di bit memorizzati in celle di memoria deplete, nel seguito per brevità chiamati bit depleti, e  $p$  la funzione densità di probabilità di trovare  $b$  bit depleti su  $w$  bit, con  $p = 100 \cdot F_p(b)$   $0 \leq p \leq 100$  e  $0 \leq b \leq w$ , se si  
15 vuole che l'algoritmo di soft-programmazione passi a molteplicità inferiori alla massima per il  $a\%$  delle volte, per una singola programmazione deve essere  $p > a$ , cioè:

$$100 \cdot F_b(p) > a \Rightarrow b = FB^{-1}\left(\frac{a}{100}\right)$$

20 dove  $b$  è il numero massimo di bit depleti per parola che si trova il  $a\%$  delle volte.

Se si indica con  $B$  il numero massimo di bit che si è in grado di soft-programmare per volta, che nella fattispecie coincide con  $w$ , la molteplicità massima che

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

si può raggiungere è:

$$N = \text{INT}\left(\frac{B}{b}\right) = \text{INT}\left(\frac{B}{Fb^{-1}\left(\frac{a}{100}\right)}\right) \cong \text{INT}\left(\frac{w}{Fb^{-1}\left(\frac{a}{100}\right)}\right)$$

Prendendo ad esempio in considerazione un  
 5 dispositivo di memoria realizzato con un processo di  
 fabbricazione flash noto con la sigla t7x dove le celle  
 di memoria deplete risultano essere il 4,3% del totale,  
 da un'analisi statistica sui dispositivi di memoria  
 tipici si è ottenuta la seguente funzione densità di  
 10 probabilità:

	$P(b \leq 0) = 50,73$	$P(b \leq 9) = 0,000$
	$P(b \leq 1) = 17,96$	$P(b \leq 10) = 0,00$
	$P(b \leq 2) = 3,125$	$P(b \leq 11) = 0,00$
	$P(b \leq 3) = 0,781$	$P(b \leq 12) = 0,00$
15	$P(b \leq 4) = 0,000$	$P(b \leq 13) = 0,00$
	$P(b \leq 5) = 0,000$	$P(b \leq 14) = 0,00$
	$P(b \leq 6) = 0,000$	$P(b \leq 15) = 0,00$
	$P(b \leq 7) = 0,000$	$P(b \leq 16) = 0,00$
	$P(b \leq 8) = 0,000$	

20 Quindi, se si desidera che la probabilità di  
 passare a molteplicità inferiori sia del 4%, allora si  
 ha  $b = 2$ , e per  $w = 16$  si ottiene  $N = 4$ , per un totale  
 di  $N * w = 4 * 16 = 64$  bit soft-programmabili per volta

BERGADANO MIRKO  
 (iscritto all'Albo n. 843B)



Se si utilizza invece  $N = 2$ , per  $w = 16$  ( $N * w = 2 * 16 = 32$  bit soft-programmabili per volta) si ha  $b = 4$  con una probabilità di passare a molteplicità  $N = 1$  ( $N * w = 1 * 16 = 16$  bit soft-programmabili per volta) circa  
5 nulla.

Vediamo ora nello specifico, con riferimento ai diagrammi di flusso di figure 2, 3 e 4, come deve essere modificato l'algoritmo di soft-programmazione per implementare l'idea alla base della presente invenzione.

10 In particolare, nella figura 2 è mostrato il diagramma di flusso delle operazioni relative alla routine principale dell'algoritmo di soft-programmazione secondo la presente invenzione ed indicata in figura 1 con "Soft-Program", mentre nelle figure 3 e 4 sono  
15 mostrate due routine chiamate dalla routine principale "Soft-Program" ed indicate rispettivamente con "SP\_Pulse" e "L\_SPX16".

Inoltre, per semplicità descrittiva verrà preso in considerazione il caso in cui la soft-programmazione  
20 venga effettuata con una molteplicità singola a 16 bit e con una molteplicità doppia a 32 bit. Risulterà tuttavia immediatamente chiaro al lettore come quanto detto a riguardo dell'esempio preso in considerazione nelle figure 2, 3 e 4, sia applicabile tale e quale a  
25 qualsiasi molteplicità di soft-programmazione singola e

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)

doppia di adottino.

Con riferimento alla figura 2, la routine principale "Soft-Program" prevede che venga inizialmente impostata la molteplicità di soft-programmazione doppia a 32 bit e la molteplicità di soft-programmazione in uso viene memorizzata in una opportuna variabile SPX16\_MEM (blocco 100). In particolare, la variabile SPX16\_MEM è una variabile utilizzata per modificare il flusso delle operazioni a seconda della molteplicità di soft-programmazione impostata e viene settata ad un primo valore logico, ad esempio "1", se risulta impostata la molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit e ad un secondo valore logico, nell'esempio considerato "0", se risulta impostata la molteplicità di soft-programmazione doppia a 32 bit.

Dopodiché, viene applicato un impulso di verifica ad un numero di celle di memoria pari alla molteplicità di soft-programmazione impostata (blocco 110), ossia 32 celle di memoria se la variabile SPX16\_MEM assume il valore logico "0" oppure 16 celle di memoria se la variabile SPX16\_MEM assume il valore logico "1", e viene quindi verificato se vi sono celle di memoria deplete o se invece tutte le celle di memoria risultano cancellate (blocco 120). Ad esempio, l'esito di tale verifica può convenientemente essere memorizzato in un indicatore di

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 8438)

stato logico (flag), in figura indicato con "DATO\_OK",  
che viene settato ad un primo valore logico, ad esempio  
"0", se vi sono celle di memoria deplete, e ad un  
secondo stato logico, nell'esempio considerato "1", se  
5 tutte le celle di memoria risultano cancellate.

Se vi sono celle di memoria deplete (uscita NO del  
blocco 120), allora viene eseguita la routine SP\_Pulse,  
il cui diagramma di flusso è mostrato nella figura 2,  
attraverso la quale viene realizzata la soft-  
10 programmazione delle celle di memoria con molteplicità  
di soft-programmazione singola o doppia (blocco 130),  
mentre se tutte le celle di memoria risultano cancellate  
(uscita SI del blocco 120), allora viene indirizzata la  
riga successiva (blocco 140) e viene quindi verificato  
15 se è stato raggiunto l'ultimo indirizzo di riga (blocco  
150). Se l'ultimo indirizzo di riga non è stato  
raggiunto (uscita NO dal blocco 150) allora si perviene  
nuovamente al blocco 110, mentre se l'ultimo indirizzo  
di riga è stato raggiunto (uscita SI dal blocco 150)  
20 allora viene indirizzata la colonna successiva (blocco  
160) e viene verificato se è stato raggiunto l'ultimo  
indirizzo di colonna (blocco 170). Se l'ultimo indirizzo  
di colonna non è stato raggiunto (uscita NO dal blocco  
170) allora si perviene nuovamente al blocco 110, mentre  
25 se l'ultimo indirizzo di colonna è stato raggiunto

**BERGADANO MIRKO**  
(iscritto all'Albo n. 8438)

(uscita SI dal blocco 170) allora la routine principale "Soft-Program" termina.

Nella figura 3 è mostrato il diagramma di flusso delle operazioni relative alla routine SP\_Pulse.

5 Secondo quanto mostrato nella figura 3, la routine SP\_Pulse prevede inizialmente che venga effettuata la soft-programmazione di un numero di celle di memoria pari alla molteplicità di soft-programmazione impostata e memorizzata nella variabile SPX16\_MEM (blocco 200).

10 Dopodiché, viene verificato il contenuto della variabile SPX16\_MEM che memorizza la molteplicità di soft-programmazione impostata (blocco 210).

Se risulta essere impostata la molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit (uscita SI dal  
15 blocco 210), allora viene eseguita la routine L\_SPX16 (blocco 220), il cui diagramma di flusso è ancora mostrato nella figura 2, mentre se risulta essere impostata la molteplicità di soft-programmazione doppia a 32 bit (uscita NO dal blocco 210), allora viene  
20 applicato un impulso di verifica ad un numero di celle di memoria pari alla molteplicità di soft-programmazione impostata (blocco 230), ossia 32 celle di memoria, e viene quindi verificato se fra esse vi sono celle di memoria deplete o se invece queste risultano tutte  
25 cancellate (blocco 240).

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)



Se tutte le celle di memoria a cui è stato applicato l'impulso di verifica risultano cancellate (uscita SI del blocco 240), allora viene impostata la molteplicità di soft-programmazione doppia a 32 bit (blocco 250) e si ritorna al blocco 140 della routine principale "Soft-Program", mentre se fra le celle di memoria a cui è stato applicato l'impulso di verifica risultano esserci celle di memoria deplete (uscita NO del blocco 240), allora viene verificato se è stato raggiunto un numero massimo di tentativi di soft-programmazione prestabilito (blocco 260).

Se tale numero massimo di tentativi non è ancora stato raggiunto (uscita NO blocco 260), allora si perviene nuovamente al blocco 200, mentre se il numero massimo di tentativi risulta esser stato raggiunto (uscita SI blocco 260), allora viene forzata la molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit e ciò viene memorizzato nella variabile SPX16\_MEM (blocco 270).

Dopodiché, viene applicato un impulso di verifica ad un numero di celle di memoria pari alla molteplicità di soft-programmazione corrente (16 bit) (blocco 280) e viene quindi verificato se fra queste vi sono celle di memoria deplete o se invece queste risultano tutte cancellate (blocco 290).

BERG/DANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)



Se fra le celle di memoria a cui è stato applicato l'impulso di verifica risultano esserci celle di memoria deplete (uscita NO del blocco 290), allora viene richiamata nuovamente la routine SP\_Pulse, mentre se  
5 tutte le celle di memoria a cui è stato applicato l'impulso di verifica risultano cancellate (uscita SI del blocco 290), allora viene selezionato il successivo gruppo di 16 celle di memoria (blocco 300) e viene quindi verificato se è stato raggiunto l'ultimo  
10 indirizzo di riga o di colonna (blocco 310). Se l'ultimo indirizzo di riga o di colonna non è stato raggiunto (uscita NO dal blocco 310) allora le operazioni riprendono da quelle descritte in precedenza con riferimento al blocco 290, mentre se l'ultimo indirizzo  
15 di riga o di colonna è stato raggiunto (uscita SI dal blocco 310) allora viene rimossa la forzatura ("clear") della molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit e la memorizzazione di tale molteplicità effettuate nel blocco 270 (blocco 320).

20 Dopodiché, si perviene nuovamente al blocco 250 precedentemente descritto, in cui viene nuovamente impostata la molteplicità di soft-programmazione doppia a 32 bit, e da questo si giunge quindi al blocco 140 della routine principale "Soft-Program".

25 Nella figura 4 è mostrato il diagramma di flusso

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 843B)

delle operazioni relative alla routine L\_SPX16.

Secondo quanto mostrato nella figura 4, la routine L\_SPX16 prevede che inizialmente venga applicato un impulso di verifica ad un numero di celle di memoria  
5 pari alla molteplicità di soft-programmazione corrente (16 bit) (blocco 400) e che quindi venga verificato se vi sono celle di memoria deplete o se invece tutte le celle di memoria risultano cancellate (blocco 410).

Se tutte le celle di memoria risultano cancellate  
10 (uscita SI del blocco 410), allora viene forzata la molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit, la quale viene anche memorizzata nella variabile SPX16\_MEM (blocco 420), mentre se vi sono celle di memoria deplete (uscita NO del blocco 410), allora viene verificato se è  
15 stato raggiunto un numero massimo di tentativi prestabilito (blocco 430).

Se tale numero massimo di tentativi non è ancora stato raggiunto (uscita NO blocco 430), allora viene richiamata la routine "SP\_Pulse", mentre se il numero  
20 massimo di tentativi risulta esser già stato raggiunto (uscita SI blocco 430), allora si perviene al blocco 420, in cui viene formata la molteplicità di soft-programmazione singola a 16 bit, e da questo si giunge quindi al blocco 300 della routine "SP\_Pulse".

25 Da un esame delle caratteristiche del metodo di

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)

cancellazione secondo la presente invenzione sono evidenti i vantaggi che esso consente di ottenere.

In particolare, il presente metodo di cancellazione consente di ottenere un tempo di soft-programmazione inferiore di circa il 50% rispetto a quello ottenibile con gli attuali algoritmi di soft-programmazione e di conseguenza un tempo di cancellazione totale inferiore di circa il 5% rispetto a quello che si ha negli attuali dispositivi di memoria, senza la necessità di dover sovradimensionare gli elevatori di tensione per fornire la corrente necessaria nel caso peggiore.

Sfruttando la proprietà della distribuzione statistica delle celle di memoria deplete risulta quindi possibile dimezzare il tempo di soft-programmazione a parità di area occupata su silicio.

Inoltre, dato che, per altre necessità, tipicamente nei dispositivi di memoria non volatili sono già previsti un numero di Program Load doppio rispetto a quello strettamente necessario in programmazione, l'implementazione della presente invenzione non richiede nemmeno l'introduzione di ulteriori Program Load.

Se invece lo spazio su silicio lo consente, raddoppiando il numero di Program Load già presenti sui dispositivi di memoria si potrebbe ridurre ulteriormente il tempo di soft-programmazione e quindi il tempo

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo n. 8438)



complessivo di cancellazione.

Risulta infine chiaro che al metodo di  
cancellazione qui descritto ed illustrato possono essere  
apportate modifiche e varianti senza per questo uscire  
5 dall'ambito protettivo della presente invenzione, come  
definito nelle rivendicazioni allegate.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)

## R I V E N D I C A Z I O N I

1. Metodo di soft-programmazione per un dispositivo di memoria non volatile cancellabile elettricamente, caratterizzato dal fatto che la detta soft-programmazione viene effettuata con una prima molteplicità di soft-programmazione in determinate condizioni operative e con una seconda molteplicità di soft-programmazione differente dalla prima molteplicità di soft-programmazione nel caso in cui dette determinate condizioni operative non risultino presenti.

2. Metodo di soft-programmazione secondo la rivendicazione 1, in cui la detta prima molteplicità di soft-programmazione è maggiore di quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

3. Metodo di soft-programmazione secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la prima molteplicità di soft-programmazione è doppia rispetto a quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

4. Metodo di soft-programmazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la seconda molteplicità di soft-programmazione è minore della prima molteplicità di soft-programmazione.

5. Metodo di soft-programmazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la

BERCADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)

seconda molteplicità di soft-programmazione è uguale a quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

5      6. Metodo di soft-programmazione secondo una  
qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la  
prima molteplicità di soft-programmazione viene  
utilizzata nel caso in cui la corrente assorbita durante  
la soft-programmazione effettuata con detta prima  
10      molteplicità di soft-programmazione soddisfi una  
determinata relazione.

7. Metodo di soft-programmazione secondo la  
rivendicazione 6, in cui la detta relazione è definita  
dalla condizione che la corrente assorbita durante la  
soft-programmazione effettuata con detta prima  
15      molteplicità di soft-programmazione sia minore o uguale  
ad una corrente di soglia.

8. Metodo di soft-programmazione secondo la  
rivendicazione 6 o 7, in cui la detta corrente di soglia  
è pari alla massima corrente, disponibile per le  
20      operazioni di scrittura, che può essere generata  
all'interno del dispositivo di memoria.

9. Dispositivo di memoria non volatile cancellabile  
elettricamente (1), caratterizzato dal fatto di  
comprendere mezzi di soft-programmazione (100-430)  
25      operanti con una prima molteplicità di soft-

BERGADANO MIRKO  
Iscritto all'Albo n. 8438)

programmazione in determinate condizioni operative e con una seconda molteplicità di soft-programmazione differente dalla prima molteplicità di soft-programmazione nel caso in cui dette determinate  
5 condizioni operative non risultino presenti.

10. Dispositivo di memoria secondo la rivendicazione 9, in cui la detta prima molteplicità di soft-programmazione è maggiore di quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

10 11. Dispositivo di memoria secondo la rivendicazione 9 o 10, in cui la prima molteplicità di soft-programmazione è doppia rispetto a quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

15 12. Dispositivo di memoria secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 11, in cui la seconda molteplicità di soft-programmazione è minore della prima molteplicità di soft-programmazione.

20 13. Dispositivo di memoria secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 12, in cui la seconda molteplicità di soft-programmazione è uguale a quella utilizzata per la scrittura di dati nel dispositivo di memoria.

25 14. Dispositivo di memoria secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 13, in cui la prima

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all' Albo n. 843B)

molteplicità di soft-programmazione viene utilizzata nel caso in cui la corrente assorbita durante la soft-programmazione effettuata con detta prima molteplicità di soft-programmazione soddisfi una determinata  
5 relazione.

15. Dispositivo di memoria secondo la rivendicazione 14, in cui la detta relazione è definita dalla condizione che la corrente assorbita durante la soft-programmazione effettuata con detta prima  
10 molteplicità di soft-programmazione sia minore o uguale ad una corrente di soglia.

16. Dispositivo di memoria secondo la rivendicazione 14 o 15, in cui la detta corrente di soglia è pari alla massima corrente, disponibile per le  
15 operazioni di scrittura, che può essere generata all'interno del dispositivo di memoria.

17. Metodo di soft-programmazione per un dispositivo di memoria non volatile cancellabile elettricamente e dispositivo di memoria non volatile  
20 cancellabile elettricamente implementante tale metodo di soft-programmazione, sostanzialmente come descritti con riferimento ai disegni allegati.

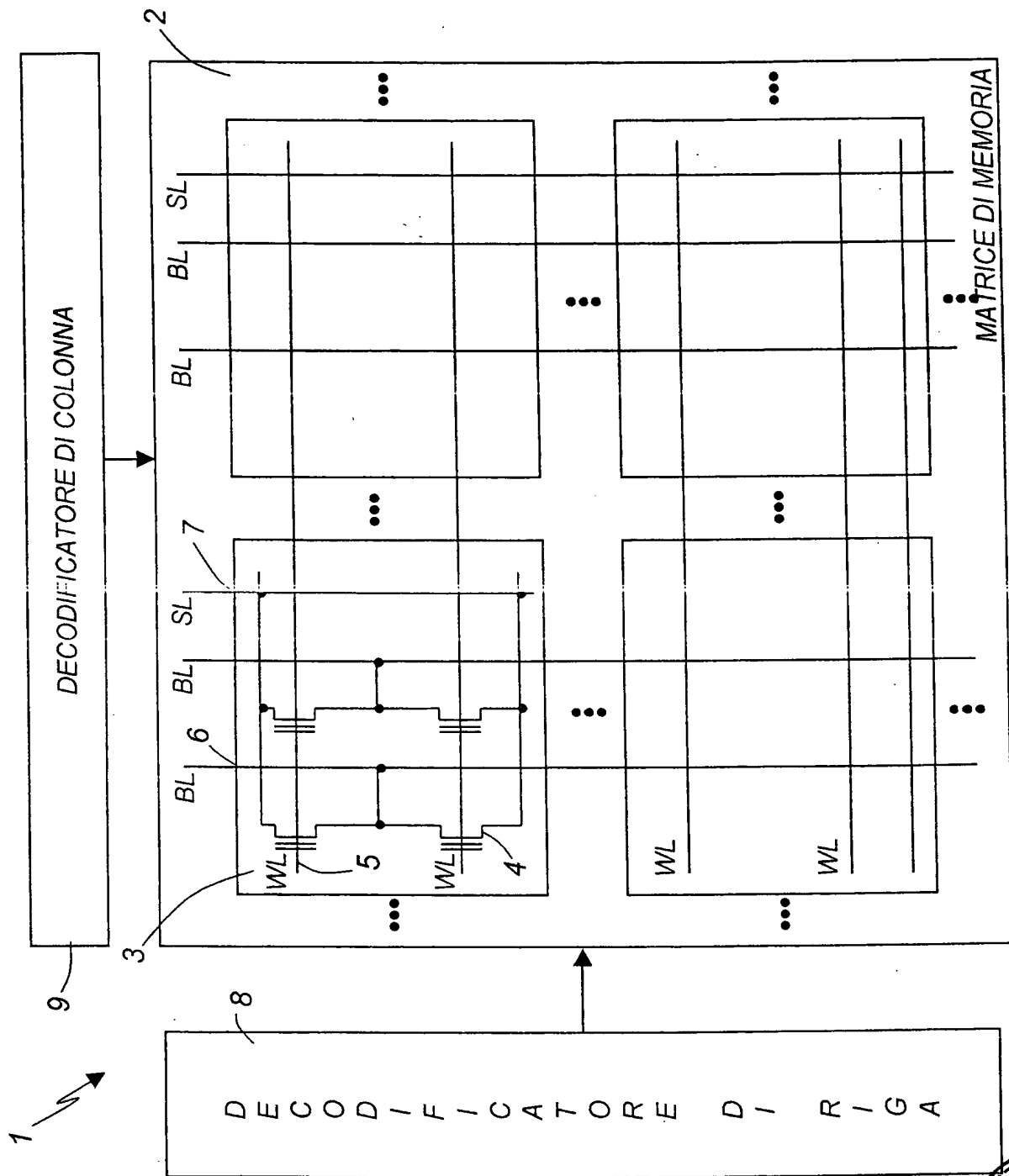
p. i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

BERGADANO MIRKO  
(Iscritto all'Albo n. 8438)

CAMERA DI COMMERCE  
INDUSTRIALE, ARTIGIANATO E AGRICOLTURA  
DI TORINO



TO 2003A 000131  
Fig. 1



p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

BERGADANO MIRKO  
(iscritto all'Albo d. 843B)



INDUSTRIA MANIFATTURA E AGRICOLTURA  
DI TORINO



TO 2003A 000115

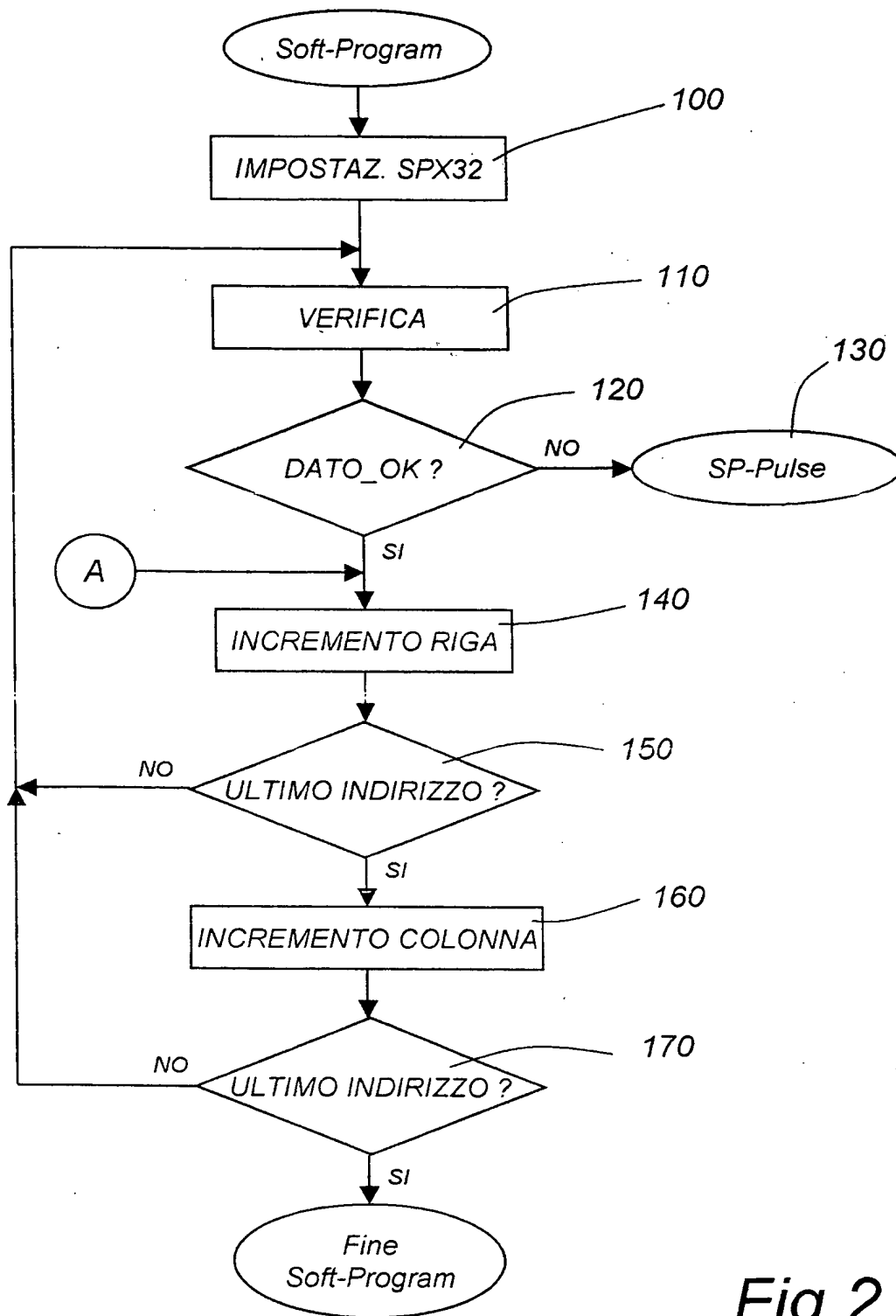


Fig. 2





10 2003 A 000115

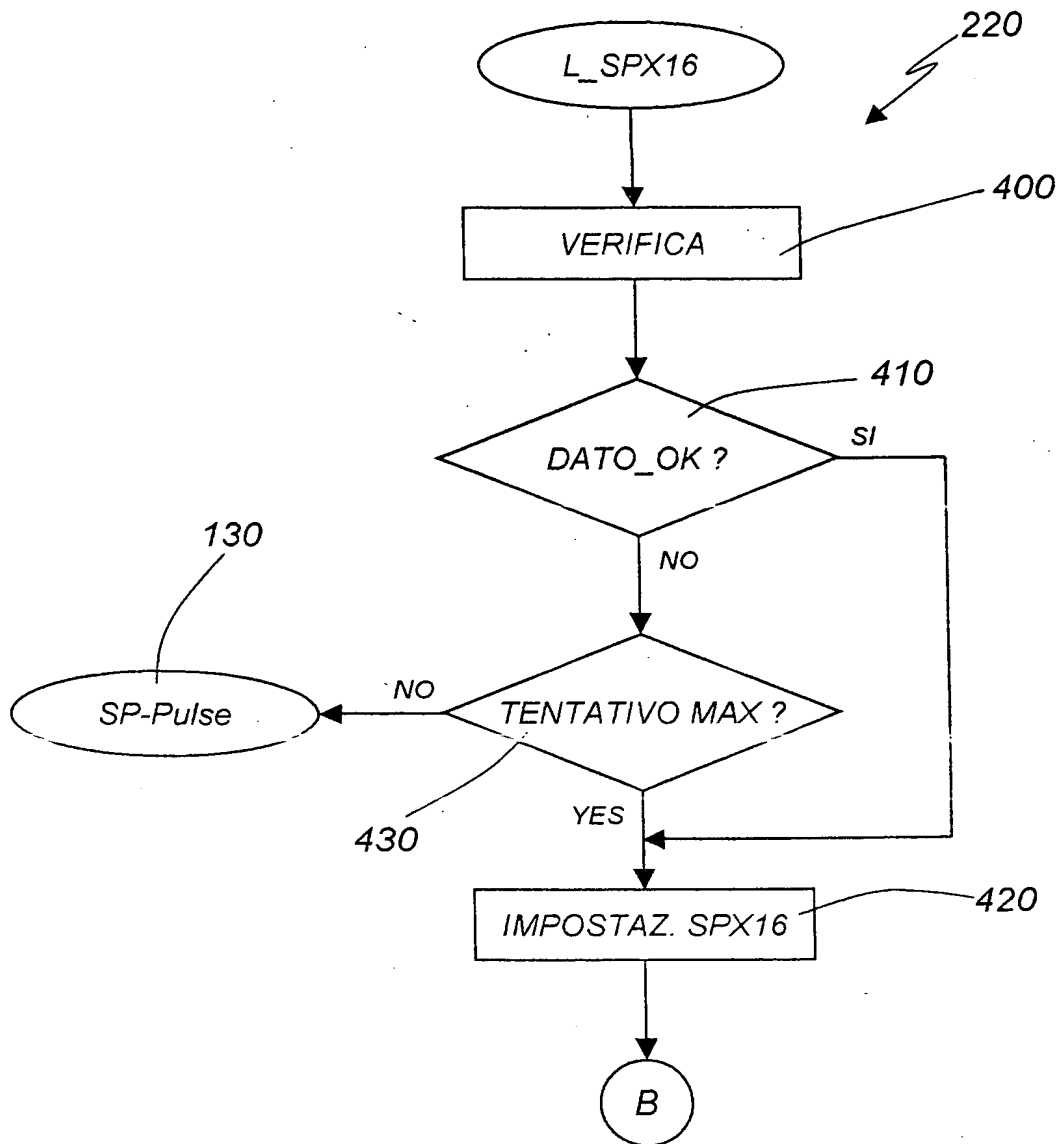


Fig.4